

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 07-024415

(43)Date of publication of application : 27.01.1995

(51)Int.Cl.

B06B 1/02

B06B 3/04

B65G 27/10

(21)Application number : 05-195089

(71)Applicant : KAIJO CORP

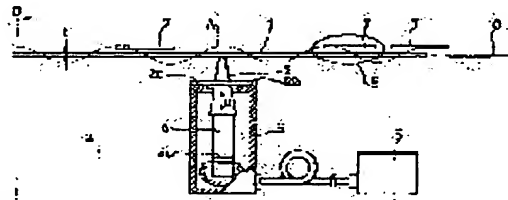
(22)Date of filing : 12.07.1993

(72)Inventor : HASHIMOTO YOSHIKI

(54) OBJECT FLOATING DEVICE AND OBJECT TRANSPORTING DEVICE INCLUDING THE DEVICE AND OBJECT FLOATING METHOD**(57)Abstract:**

PURPOSE: To provide the object floating device which is capable of handling objects of any materials, weights and sizes and is small in size and low in the cost by providing the device with an ultrasonic excitation means for exciting a vibrating body and floating the object on the surface of the vibrating body by the radiation pressure of the sound waves of the vibrating body.

CONSTITUTION: The vibrating body 1 formed to a rectangular planar shape is fastened in its central part by a screw 3 to the front end of a horn 2. The horn 2 is coupled to a vibrator 4 on the side opposite to a coupling part to the vibrating body 1 to excite the vibrator 4 by working an oscillator 5 and to generate ultrasonic vibrations. The horn 2 is vertically vibrated by these ultrasonic vibrations to excite the vibrating body 1 through the horn 2, by which deflection vibrations are generated. An object 7 is floated in the state of parting the object at a specific distance from the surface of the vibrating body 1 by the radiation pressure of the sound waves by the deflection vibrations of the vibrating body 1. The power supply to an oscillator is interrupted to stop the sound waves by the vibrating body 1, by which the object 7 is pressed onto the vibrating body 1.

**LEGAL STATUS**

[Date of request for examination] 25.07.1997

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 2802883

[Date of registration] 17.07.1998

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2000 Japanese Patent Office

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平 7 - 2 4 4 1 5

(43) 公開日 平成 7 年 (1995) 1 月 27 日

(51) Int. Cl. ⁶

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

B 0 6 B 1/02

Z 7627-5 H

3/04

7627-5 H

B 6 5 G 27/10

8709-3 F

審査請求 未請求 請求項の数 1 5

F D

(全 1 3 頁)

(21) 出願番号

特願平 5-195089

(71) 出願人 000124959

株式会社カイジョー

(22) 出願日

平成 5 年 (1993) 7 月 12 日

東京都羽村市栄町 3 丁目 1 番地の 5

(72) 発明者 橋本 芳樹

東京都羽村市栄町 3-1-5 株式会社カイ
ジョー内

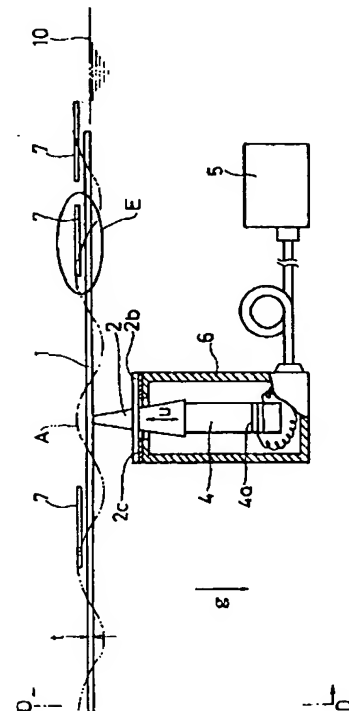
(74) 代理人 弁理士 羽切 正治

(54) 【発明の名称】 物体浮揚装置及び該装置を具備した物体搬送装置並びに物体浮揚方法

(57) 【要約】

【目的】 扱う物体の材質等の制約がないと同時に比較的大きな重量及び寸法の物体を取り扱え、且つ、小型にしてコストが安く、しかも安全性等の面からも好適であり、制御も容易な物体浮揚装置及び該装置を具備した物体搬送装置並びに物体浮揚方法を提供すること。

【構成】 振動体 1 を励振し、該振動体の音波の放射圧により該振動体の表面上において物体 7 を浮揚させ、搬送するようにし、上記の効果を得ている。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 振動体と、該振動体を励振する超音波励振手段とを備え、振動体の音波の放射圧により該振動体の表面上において物体を浮揚させることを特徴とする物体浮揚装置。

【請求項 2】 前記振動体は撓み振動又は縦振動を行うことを特徴とする請求項 1 記載の物体浮揚装置。

【請求項 3】 前記振動体は平板状に形成されていることを特徴とする請求項 1 または請求項 2 記載の物体浮揚装置。

【請求項 4】 振動体と、該振動体を励振する超音波励振手段と、該振動体を走行させる走行手段とを備え、該振動体の音波の放射圧により該振動体の表面上において物体を浮揚させ、走行させることを特徴とする物体搬送装置。

【請求項 5】 前記振動体は前記表面が仮想水平面に対して傾斜して設けられ、この傾斜により前記物体が走行することを特徴とする請求項 4 記載の物体搬送装置。

【請求項 6】 前記走行手段は、前記物体に対して気体を噴射する気体噴射手段を有することを特徴とする請求項 4 又は請求項 5 記載の物体搬送装置。

【請求項 7】 前記走行手段は、前記物体に対して超音波を放射する超音波放射手段を有することを特徴とする請求項 4 乃至請求項 6 のうちいずれか 1 記載の物体搬送装置。

【請求項 8】 前記走行手段は、前記振動体より放射された超音波を前記物体に向けて反射する反射部材を有することを特徴とする請求項 4 乃至請求項 7 のうちいずれか 1 記載の物体搬送装置。

【請求項 9】 前記走行手段は、前記超音波励振手段が発する超音波エネルギーを電気エネルギーに変換することにより該超音波を前記物体が移動すべき方向に進む進行波とするエネルギー変換手段を有することを特徴とする請求項 4 乃至請求項 8 のうちいずれか 1 記載の物体搬送装置。

【請求項 10】 前記物体は該物体の走行方向側とその反対方向側とで重量配分が異なるようにし、前記振動体より放射されて該物体の下面にて反射した反射波による推進力を以て該物体を走行させることを特徴とする請求項 4 乃至請求項 9 のうちいずれか 1 記載の物体搬送装置。

【請求項 11】 前記物体の下面に凹凸を形成し、前記振動体より放射されて該凹凸にて反射した反射波による推進力を以て該物体を走行させることを特徴とする請求項 4 乃至請求項 10 のうちいずれか 1 記載の物体搬送装置。

【請求項 12】 前記物体の搬送路両側に沿って音波反射部材を配置し、前記振動体より放射されて該音波反射部材にて反射した音波によって、前記物体の前記搬送路からの逸脱を防止したことを特徴とする請求項 4 乃至請

求項 11 のうちいずれか 1 記載の物体搬送装置。

【請求項 13】 前記物体の前記搬送路からの逸脱を防止する逸脱防止部材を、前記振動体から離間して設けたことを特徴とする請求項 4 乃至請求項 12 のうちいずれか 1 記載の物体搬送装置。

【請求項 14】 物体の搬送路が連続するように複数台並設されたことを特徴とする請求項 4 乃至請求項 13 のうちいずれか 1 記載の物体搬送装置。

【請求項 15】 振動体を励振し、該振動体の音波の放射圧により該振動体の表面上において物体を浮揚させることを特徴とする物体浮揚方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は物体を空中に浮揚させる物体浮揚装置及びその方法と、該装置を具備した物体搬送装置とに関する。

【0002】

【従来の技術】 従来、この種の装置として、下記の各方式のものが知られている。

【0003】 (1) コイルを流れる交流磁界を用いて物体を磁氣的に浮揚、搬送させる方式。

(2) 超電導マイスナー効果を利用して浮揚、搬送させる方式。

(3) 圧搾空気等の加圧気体を用いて浮揚、搬送させる方式。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】 これら各装置のうち

(1) 及び (2) に記載したものにおいては、浮揚、搬送の対象とする物体が強磁性体や半導体に限られると共に、磁気を受ける条件下に置くことが好ましくない物体に関しては適用できないという欠点がある。また、超電動マイスナー効果を利用する装置についてはコイルを極低温まで冷却するために高価な冷却液が必要であり且つその消耗の問題などからもコストの増大を招来すると共に、冷却液の安全性についても配慮しなければならず、しかも、長時間安定した状態で浮揚させ、搬送するためには装置の規模を極めて大きくしなければならないという問題がある。

【0005】 一方、上記 (3) に記載した方式の装置においては、物体の搬送路全面に加圧気体を供給する必要があり、このために大掛かりな加圧気体供給手段が設けられ、装置全体としての小型化を図ることが困難であると共に、供給気体の圧力を広範囲にわたって均一化するための制御が容易ではないという問題を擁している。また、該装置においては、いわゆるクリーンルームなど、雰囲気を清浄に保つべき条件下にて使用される場合、上記加圧気体供給手段より噴出せられる気体の拡散を防ぐためにこれを吸引回収する手段も必要となり、装置の小型化を図る上で更なる障害となっていると同時に、気体の回収を完全に行うことは難しいという問題もある。

【0006】ところで、最近、図27に示す如き装置が開発されている。なおこの装置は、1983年10月3日に発行された『日本音響学会講演論文集』の第745頁及び第746頁において開示されている。

【0007】すなわち、図27において、励振手段101により励振される段つき円形振動板102と、これに対応して配置された反射板103との間に定在波（図示せず）を生じさせ、発泡スチロールからなる球104

（重さ1.2mg、直径4mm）を複数、音場により浮揚させている。なお、図27において、重力方向を矢印gにて示している。この場合、各球104は空中超音波の波長の1/2間隔で静止し、その位置は音圧の谷であることが判明したとされている。また、浮揚可能な球の大きさは1/2波長以下がよく、その重さは音圧に関係するとされている。

【0008】しかしながら、このように定在波を用い、その節の位置に物体を静止させる構成の装置においては、現在、供試体としての球104は極めて軽量なものに限られ、重量の大きな物体を浮揚させるには振動板102の振動振幅を極めて大きくしなければならない。従って、振動板102やホーン101a（図27参照）の応力的な破壊に鑑みれば、重量物を長時間安定して浮揚させることは困難であり、実用化には遠いものと考えられる。また、かかる構成において、音波を集束させて強力音波にする方法を採用し、比較的重い物体でも浮揚を可能にすることも考えられるが、これでは振動板102の直径に比べ小さな面積に音波が作用することとなり、結果として小径の物体しか扱うことができない。

【0009】そこで本発明は、上記従来技術の欠点に鑑みてなされたものであって、扱う物体の材質等の制約がないと同時に比較的大きな重量及び寸法の物体を取り扱え、且つ、小型にしてコストが安く、しかも安全性等の面からも好適であり、制御も容易な物体浮揚装置及び該装置を具備した物体搬送装置並びに物体浮揚方法を提供することを目的とする。

【0010】

【課題を解決するための手段】本発明による物体浮揚装置は、振動体と、該振動体を励振する超音波励振手段とを備え、該振動体の音波の放射圧により該振動体の表面上において物体を浮揚させるように構成したものである。また、本発明による物体搬送装置は、振動体と、該振動体を励振する超音波励振手段と、該振動体を走行させる走行手段とを備え、該振動体の音波の放射圧により該振動体の表面上において物体を浮揚させ、走行させるように構成したものである。また、本発明による物体浮揚方法は、振動体を励振し、該振動体の音波の放射圧により該振動体の表面上において物体を浮揚させるようにしたものである。

【0011】

【実施例】以下、本発明の実施例について説明する。

【0012】図1乃至図3は、本発明の第1実施例としての物体搬送装置を示すものである。

【0013】図示のように、当該物体搬送装置は、矩形板状に形成された振動体1を有している。この振動体1は例えばその中心部にてホーン2の先端に螺子3（図2に図示）により締結されている。ただし、振動体1の形状に関しては、平板状に限らず、その用途等に応じて適宜可変である。また、ホーン2に対する振動体1の取付けについても、ロウ付けや溶接など、他の種々の手段を用いてよく、取付位置も可変である。なお、図1において、ホーン2による超音波振動の振動方向を矢印Uにて示す。このように、ホーン2は縦振動を行う。振動体1の長さL（図2参照）及び幅Bは、ホーン2から伝達される振動に基づく撓み振動の共振長に定められ、図1に示す撓み曲線Aのような撓み振動をする。

【0014】図に、本実施例の振動体1は、その長さLが434mm、幅Bが154mm、厚みt（図1に図示）が3mmとなされ、素材としてジュラルミンが用いられている。また、ホーン2については、約19.4kHzで励振され、先端には振幅が32μm-p程度の振動がのせられる。これらの設定により、振動体1の振動の節はその長さ方向において約54.25mm、幅方向においては約19.25mmの間隔で現れ、格子状の振動モードにて振動する。なお、振動体1の各寸法、共振周波数及びその振幅並びに振動モードの形態については、適宜設定することができ、例えば長さLに関しては1000mm以上とすることが可能である。

【0015】図1に示すように、ホーン2は、振動体1に対する結合部とは反対側において振動子4と結合されている。この振動子4の電極4aと発振器5とが接続されており、振動子4は該発振器5によって励振されて超音波振動を発生する。ホーン2は、この振動子4が発する振動を機械的に増幅するものである。なお、ホーン2にはフランジ部2bが形成されており、振動子4及び該ホーン2を内蔵するケース6に対して該フランジ部2bがパッキン2cを介して締結されている。

【0016】上述したホーン2と、振動子4と、発振器5と、これらに関連する周辺の部材を、超音波励振手段と総称する。

【0017】図2及び図3に示すように、搬送されるべき物体7の搬送路両側に沿って板状の音波反射部材8が配置されており、且つ、ケース6に取り付けられている。

【0018】次に、以上のような構成よりなる物体搬送装置の作用について説明する。

【0019】まず、当該物体搬送装置が含む物体浮揚装置としての作用について説明する。

【0020】まず、装置の作動に際し、図1に示すように、振動体1が仮想水平面10に対して平行となるように装置の姿勢が調整される。この状態で給電がなされ、

発振器 5 により振動子 4 が励振され、ホーン 2 が縦振動して該ホーンを通じて振動体 1 が励振されて撓み振動を行う。振動体 1 が撓み振動を行うことにより、該振動体 1 より音波（図示せず）が放射される。

【0021】上記のように振動体 1 が振動を開始した後、物体 7 を振動体 1 上に持ち来し、静かに手を離す。但し、物体 7 は、振動体 1 の振動開始以前に予め振動体 1 上に載置しておいてもよい。

【0022】図 4 は図 1 における部分 E を拡大したものであるが、該図から明らかなように、振動体 1 より発せられる音波の放射圧によって、物体 7 は該振動体 1 の表面から距離 e_1 を隔てた状態で浮揚する。ここで、この浮揚距離 e_1 は、未だ音波を発することなく静止した状態の振動体 1 の表面を 0（ゼロ）とし、これを基準とした距離である。また、振動体 1 の面積が小さければ、振動体 1 は撓み振動をせずにホーン 2 より付与される縦振動そのものの振動モードで振動するが、この場合も物体 7 は同様に浮揚する。なお、超音波励振手段への給電を断てば振動体 1 よりの音波は直ちに停止し、物体 7 は振動体 1 に接触する。

【0023】図 1 乃至図 4 に示した物体 7 は、単に平板状で比較的軽量のもの、例えば名刺や、合成樹脂製あるいは金属製の薄板等を想定している。これらの物体は、本実施例で示した装置を試作し、供試体として浮揚させてみたものであるが、この他、図 5 に示すような形態の物体 7 についても実験を行った。すなわち、平板状のキャリア 7 a と、該キャリア 7 a 上に担持された重量物 7 b とからなるものである。図 5 において、この場合のキャリア 7 a と振動体 1 との距離を e_2 にて示している。なお、このようなキャリア 7 a を必要とする重量物 7 b としては、球形に近いものあるいは凹凸を有するものなど自体のみにては浮揚し得ない物体や、容器に収容した状態の粉体又は液体等が挙げられる。但し、自体の底面が平坦であればキャリア 7 a を外して該重量物 7 b のみにて浮揚する故、そのような重量物 7 b については自体のみの浮揚実験をも行った他、種々の物体についても実験を行った。この実験の実際及び該実験により得られた諸データ等については後述する。

【0024】上記の実験の結果、浮揚に供する供試体の材質には何等制約されることがなく、どのような物体でも浮揚することが判明した。また、軽量なものから重いものに亘り幅広く実験を行ったが、軽量物については勿論浮揚し、重量物に関しては実験中最大のもので直径が約 140 mm、重量が約 3.26 Kg の金属製の物体が浮揚し、これから、振動体 1 よりの音波の放射圧によって物体が受ける最大浮力を計算すると 21.4 g/cm^2 となった。よって、振動体 1 の表面積よりこの数値を換算すると、仮に振動体 1 の全面に亘って延在するような物体であれば、その物体の重量が 14.3 Kg でも浮揚可能となる。ただし、比較的軽量の物体を浮揚させる

際は装置に加える振動系への入力電力は 130 W で済んだが、上記のように重い物体を浮揚させる場合には 160 W を要した。

【0025】また、前述したように、浮揚実験にはさまざまな材質の物体が供されたが、振動体 1 の表面と対向する底面の平面精度が高いものほど、重量が大きくとも浮揚することが判明した。ただし、振動体 1 の表面の平面精度が高いこと、また、装置全体の安定性が重要であることも確認された。

【0026】上記から明らかなように、本発明に係る装置においては、磁性体であるや否やなど、扱う物体の材質等の制約を受けることがなく、また、磁界中におくことができないもの等、あらゆる物体を浮揚させ、後述のように搬送することができる。また、扱う物体の重量及び寸法が比較的大きくとも、浮揚させ、搬送することができるものである。

【0027】続いて、上述した物体浮揚装置を含む物体搬送装置の作用について説明する。この物体搬送装置は、前述した物体浮揚装置の構成に、浮揚した状態の物体 7 を走行させる走行手段を付加させたものである。

【0028】この走行のための手段の一例として、図 6 に示すような構成を採用している。すなわち、振動体 1 の表面が仮想水平面 10 に対して角度 θ だけ傾斜するようになされる。この傾斜 θ により、物体 7 に重力に基づく加速度が生じ、走行する訳である。但し、角度 θ については実験では $1 \sim 5^\circ$ に設定された。かかる構成の場合、物体 7 を走行させるための駆動源を特に必要とせず、単に装置を傾けるだけでよいため、装置全体としての小型化及びコストの低減が図り易くなっている。なお、前述したように、超音波励振手段への給電を断てば物体 7 は瞬時に振動体 1 に接触し、摩擦抵抗により停止する。

【0029】ところで、上記のようにして物体 7 が搬送される際、下記の作用によって搬送路からの逸脱が防止される。

【0030】すなわち、図 2 及び図 3 に示すように、該搬送路の両側に沿って音波反射部材 8 が配設されている。図 3 から明らかなように、これらの音波反射部材 8 は振動体 1 とは非接触の状態であり、図において矢印にて示すように振動体 1 の下面より放射される音波を反射しつつ上記搬送路の側方へと導く。搬送路の側方にはこのように導かれた音波が存在することとなるため、これが壁となり、物体 7 が搬送路から逸脱しようとするときこれを押し戻す作用をなす。よって物体 7 が搬送路から逸脱することがない。また、かかる構成によれば、物体 7 は音波反射部材 8 と接触することがない。但し、このような音波反射部材 8 を設けずとも、振動体 1 の縁からはみ出そうとした物体 7 が、該振動体 1 自体が放射する音波の作用によって内側に引き戻される作用があることが確認されている。

【0031】次に、上述のように重力を利用して物体7を走行させる形式とは異なる走行手段を夫々備えた他の物体搬送装置について説明する。なお、これら各物体搬送装置は、以下に説明する部分以外は図1乃至図3並びに図6に示した第1実施例としての物体搬送装置と同様に構成されているので、装置全体としての説明は重複する故に省略し、要部のみの説明に留める。また、以下の説明において、図1乃至図3並びに図6に示した物体搬送装置の構成部材と同一の構成部材については同じ参照符号を用いて示している。

【0032】図7に、本発明の第2実施例としての物体搬送装置の要部を示す。

【0033】図示のように、当該物体搬送装置においては、振動体1が、仮想水平面10に対して平行となされている。そして、物体7を走行させる走行手段が、該物体7が走行すべき方向に沿って互いに所定間隔を隔てて並設された複数のノズル15を有している。これらのノズル15は例えば振動体1の上方に配設され、斜め後方より物体7に向けて圧搾空気を噴出する。物体7はこの噴出する圧搾空気によって加速され、搬送される。これらのノズル15と、該ノズル15に圧搾空気を供給するコンプレッサ（図示せず）等とによって、上記走行手段として作用する気体噴射手段が構成されている。なお、加圧して噴射される気体は、空気に限らず、用途に応じて、また、雰囲気等の環境に及ぼす影響が許容されるならば、種々のものが使用可能である。

【0034】図8は、本発明の第3実施例としての物体搬送装置の要部を示すものである。上記第2実施例としての物体搬送装置においては気体の噴射によって物体7を走行させているが、当該装置においては物体7に対して超音波を放射し、これを推進力として走行させる。

【0035】すなわち、図示のように、振動体1の上方に、物体7が走行すべき方向に沿って複数の超音波放射器20が等間隔にて並べて設けられている。そしてこれらの超音波放射器20は、各々が具備した振動板20aより放射する超音波21が斜め前下方に指向するように傾斜した状態に設置されている。

【0036】かかる構成においては、物体7は各超音波放射器20より発せられる音波の放射圧により加速され、搬送される。

【0037】図9に、本発明の第4実施例としての物体搬送装置の要部を示す。図8に示した第3実施例としての物体搬送装置においては物体7の推進のために超音波放射器20を設けているが、本実施例においては振動体1自体が発する音波を物体推進用として活用している。

【0038】図示のように、本実施例においては、振動体1の上方に、物体7が走行すべき方向に沿って複数の平板状の反射部材25が並べて設けられている。各反射部材25は振動体1の表面に対して θ_2 の角度をなすように、且つ前方が高くなるように傾けて設置されてい

る。よって、振動体1より上方に向けて放射された音波26aはこれら反射部材25にて反射し、斜め前下方方向に向って進む。物体7はこの反射波26bにより加速され、搬送される。

【0039】なお、本実施例においては複数の反射部材25を個別に設けたが、この他、複数の傾斜部を波状に形成した長尺の反射部材（図示せず）を1つのみ設ける構成としてもよい。

【0040】また、図7乃至図9に夫々示した第2乃至第4実施例においては、ノズル15、超音波放射器20及び反射部材25を物体搬送路に沿って各々複数並べて設けているが、これらを単一として、搬送すべき物体7を追うように移動させる構成とすることも可能である。

【0041】図10は、本発明の第5実施例としての物体搬送装置を示すものである。当該物体搬送装置においては、物体7を走行させる走行手段が下記のように構成されている。

【0042】図示のように、振動体1を励振する超音波励振手段30が該振動体1の右端側に設置され、左端側に、該超音波励振手段30とほぼ同様の構成を有するエネルギー変換手段31が配置されている。このエネルギー変換手段31は、超音波励振手段30により励振された振動体1が発する超音波のエネルギーを再び電気エネルギーに戻すべく変換するものである。具体的には、該エネルギー変換手段31が具備する振動子4の電極4aに、抵抗R及びコイルLからなる回路が接続されており、機械的エネルギーとしての超音波エネルギーより変換された電気エネルギーはこの回路を経ることにより更にジュール熱に変換され、放散される。

【0043】かかる構成においては、超音波励振手段と同時にこのエネルギー変換手段31を作用させれば、矢印Sにて示すように、振動体1に生ずる撓み振動の波が進行波となる。物体7は、この進行波に載る状態にて走行する。

【0044】図11に、本発明の第6実施例としての物体搬送装置の要部を示す。

【0045】図示のように、当該物体搬送装置においては、物体7の走行のための手段として、物体1の走行方向側に重り32を搭載させることが行われる。このように重りを載せると、物体7は該物体の走行方向側とその反対方向側とで重量配分が異なり浮揚した状態にて傾斜する。すると、振動体1より上方に向けて放射された音波（図示せず）は物体7の下面にて反射し、その反射波（図示せず）が斜め後下方方向に向かって進む。物体7はこの反射波による推進力によって加速され、走行する。なお、このような重り32を用いず、物体7自体について走行方向側とその反対方向側との厚さを変えるなどして重量配分を異ならしめて傾斜させてもよい。

【0046】図12は、本発明の第7実施例としての物体搬送装置の要部を示すものである。

【0047】図示するように、この物体搬送装置においては、物体7を走行させるための手段として、物体7の後部下面に凹凸7dが形成されている。図13から明らかなように、この凹凸7dは例えば、該物体7が走行すべき方向において鉛直面7e及び傾斜面7fとを交互に且つ連続的に形成することによりなる。そして、該傾斜面7fは、振動体1の表面に対して 0.3° の角度をなすように、且つ前方が低くなるように形成されている。よって、振動体1より上方に向けて放射された音波26aはこれら傾斜面7fにて反射し、斜め後下方向に向って進む。物体7はこの反射波26bによる推進力によって加速され、走行する。

【0048】ところで、図2及び図3に示すように、前述した各実施例の物体搬送装置においては、物体7の搬送路からの逸脱を防止するために、搬送路に沿って音波反射部材8を設け、振動体1の下面側より発せられて該音波反射部材8に沿って反射された音波を壁として作用させている。かかる構成により、ある程度の質量までの物体に対処し得るのであるが、物体7の質量がかなり大きくなると搬送路外に逸脱しようとする時の慣性も大きく、音波の壁のみにてはこれを規制することは困難である。そこで図14に示す構成を付加することが行われる。

【0049】図14に示すように、重量が大きい物体7（例えば重量物7bのみからなる）の搬送路の両側に、平板状の逸脱防止部材35を配設している。よって、物体7は搬送路から逸脱しようとするこの逸脱防止部材35の内側面に極く軽く接触し、逸脱が回避される。

【0050】前述した各実施例においては、1台の物体搬送装置について示したが、図15に示すように、2台またはそれ以上の物体搬送装置を、その各々の搬送路が連続するように直列に並べて設置することができる。このように、搬送路の長さを自在に設定することができ、自由度が大きく、汎用性に優れている。

【0051】ここで、前述した実験の実際についてその一部を説明する。

【0052】この実験のため、図16に示すような測定装置を用意した。この測定装置は振動体1上における各種物体7の浮揚距離eを測定するものである。図示のように、レーザ変位計37と、該レーザ変位計37による測定値を表示するオシロスコープ38と、該レーザ変位計37より発せられる信号の増幅等を行ってオシロスコープ38に表示させるべく両者間に介在する変位計本体39とを有している。

【0053】上記レーザ変位計37は、物体7の直上か

ら該物体の上面に向けてレーザ37aを照射し、その反射光等を利用して距離を測定するためのものであるが、種々ある公知の測定原理のものが採用され得る。測定は、具体的には下記に行われる。

【0054】まず、振動体1を振動させることなく静止状態とし、該振動体1上に物体7を載置する。この状態で上記測定装置を作動させ、静止状態の物体7の上面までの距離を浮揚距離測定の基準すなわち0（ゼロ）とすべくリセットさせる。次いで、振動体1を励振させて物体7を浮揚させる。この浮揚状態にて再び測定装置を作動させ、測定を行う。ここで得られる測定値は上記基準よりの距離であるから、該測定値がすなわち浮揚距離eとなる。なお、物体7が金属の場合、非浮揚状態において物体7と振動体1とに通電して相互の導通状態を得ておき、この導通状態が消えて非導通状態となったことを以て物体7が浮揚したことを確認することも行われた。

【0055】本実験においては、図17乃至図23に示す各種形態の供試体を用意し、これらの供試体につき浮揚距離の測定を行った。

【0056】図17に示す供試体41は、半導体（ICチップ）を製造する際の一次製品としてのシリコンウェハーであり、直径が約100mm（4インチ）のものを選定した。また、図18に示す供試体42はベークライトを素材とする矩形板であり、図示の寸法にて形成されている。但し、この図18において、供試体42の厚さを実寸法ではなく符号 t_1 にて示したのは、厚さが夫々異なる複数枚、この場合8枚の供試体42が用意されたためであり、下記の表2において、これら8枚の供試体各々につき参照符号41a乃至41hを付し、夫々の厚さを示している。なお、該各供試体41a乃至41hは各々ベークライト製ではあるが、夫々の比重量は異なる。

【0057】次に、図19乃至図23に示した各供試体43乃至47は、夫々ジュラルミンを素材としてなり、各図に示す寸法にて形成されている。但し、図20において、供試体44につきその厚さを符号 t_2 にて示したのは、互いに厚さが異なる2枚の供試体44が用意されたためである。また、図22に示す供試体46は、この2枚の供試体を結合させたものである。これら2枚の供試体につき、図22において参照符号44a、44bを各々付して示している。

【0058】上述した各供試体について、その重量、該重量を底面積で除した数値を下記の表1に示す。

【表1】

化学式等を記載した書面明細書

供試体		重量 (g)	単位面積当たりの重量 (g/cm ²)	浮揚距離 (μm)
41		8.7	0.111	445
42	42a	79.3	1.36	55
	42b	39.6	0.68	164
	42c	38.1	0.65	50.5
	42d	23.7	0.407	197
	42e	15.0	0.258	237
	42f	11.8	0.203	287
	42g	7.6	0.131	469
	42h	7.8	0.134	346
43		344	4.96	57.0
44	44a	920	6.05	48.3
	44b	1000	6.67	66.0
45		556	8.02	61.3
46		1900	12.5	42.0
47		3260	21.4	35.5

【表 2】

供試体	厚さ(mm)	供試体	厚さ(mm)
42a	10.2	42e	2.0
42b	5.1	42f	1.6
42c	4.9	42g	1.0
42d	3.1	42h	1.1

【0059】上記表1に、上記の各供試体について測定した浮揚距離を示している。そして、図24に、各供試体の単位面積当たりの重量と浮揚距離との関係をグラフとして示している。このグラフから、単位面積当たりの重量と浮揚距離とは反比例することが判明した。但し、該グラフから明らかなように、単位面積当たりの重量がかなり大きくなると浮揚距離の変化率は小さくなる。

【0060】続いて、上述した各供試体のうち3つの供試体41、42c及び43を選び、これらの供試体夫々について振動体1の振幅を変化させ、各振幅における浮揚距離を測定することを行った。なお、振幅の変化は8段階に設定され、各振幅値については図示しないダイヤルゲージを使用して確認した。この測定結果を下記の表3に示す。そして、各振幅とそれらに対応する浮揚距離との関係をグラフとして図25に示している。このグラフから明らかなように、振幅と浮揚距離は比例関係にあるものの、振幅値がある程度大きくなると飽和状態となって浮揚距離が一定量を越えることがなくなることがわかる。これは、浮揚距離が大きくなると音波の放射圧が逃げ、浮揚効率が低下するためであると推測される。

【表 3】

供試体 振幅(μm)	41	42c	43
32	445(μm)	231.3(μm)	57.0(μm)
26	397	208	72.6
20	353	192	63.9
14	346	178	59.3
10	299	158.7	54.0
7	270	116.6	39.3
3	203	110	24.9
1	173.3	71.6	20.0

【0061】上記までの説明は、供試体として種々の物体を選定し、試作した物体浮揚装置による浮揚実験をこれら各物体について行った結果に基づくものであるが、実用化の一例として、図26に示す構成を考えた。

【0062】この構成において搬送されるべき物体は、半導体(ICチップ)を製造する際の一次製品としてのシリコンウェハー50であり、該シリコンウェハー50を例えば矩形板状に形成したキャリア51上に搭載させた状態で前述の物体搬送装置により浮揚させ、搬送することを行う。

【0063】図から明らかなように、キャリア51には、略円形のシリコンウェハー50が挿通されるべき円形の凹部51aが設けられている。この凹部51aの内周面には例えば4つの突起51bが等間隔にて形成されており、シリコンウェハー50は凹部51a内においてこれら突起51b上に載置されるようになされている。

そして、キャリア 51 の両側には、凹部 51a に連通する切欠部 51c が形成されている。この切欠部 51c は、シリコンウェハー 50 を上記突起 51b 上に載置した状態において該切欠部 51c の底面とシリコンウェハー 50 の下面との間に所定の隙が生ずる程度の深さを有している。すなわち、図示しないロボットハンド等がこのシリコンウェハー 50 を凹部 51a 内に挿入したり取り出す際に、上記切欠部 51c を通じてシリコンウェハー 50 を保持するようになされている。

【0064】なお、かかるキャリア 51 を使用せずに、直接シリコンウェハー 50 を搬送することも可能である。

【0065】また、本発明は、前述した各実施例の構成に限らず、これら各実施例のいずれか 2 以上の構成をその一部ずつでも互いに組み合わせることなどにより、多岐に亘る構成を実現できることは勿論である。

【0066】また、前述の各実施例においては、振動体 1 の素材としてジュラルミンが使用されているが、他に、炭素鋼及びその合金鋼であるステンレス鋼や、チタン合金等、種々の材質が採用可能である。

【0067】ところで、前述した実験の様子を写真撮影したので、その一部を参考までに参考写真 1 乃至参考写真 8 として添付した。

【0068】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、磁性体であるや否やなど、扱う物体の材質等の制約を受けることがなく、また、磁界中におくことができないもの等、あらゆる物体を浮揚させ、搬送することができ、しかも、物体の重量及び寸法が比較的大きくとも対処可能であるという効果がある。また、装置に関しては、実質的に、振動体とこれを励振する超音波励振手段のみを最小限設けるだけでよいから、小型化及びコストの低減が達成されるという効果が得られると共に、消費電力も極めて少なく済み、省エネルギー化に寄与するものである。更に、電気エネルギーを変換した音波の放射圧による浮揚作用であるため、作業者の安全性についても容易に確保し得ると共に、給電及びその断をなすことにより簡単に制御できる利点を有する。そして、用途に応じて振動体の形状を適宜変更し得、また、物体を長距離搬送するためには装置を並べればよいなど、その自由度が非常に大きく、且つ汎用性に優れている。

【図面の簡単な説明】

【図 1】図 1 は、本発明の第 1 実施例としての物体搬送装置の、一部断面を含む正面図である。

【図 2】図 2 は、図 1 に示した物体搬送装置の平面図である。

【図 3】図 3 は、図 1 に関する D-D 矢視図である。

【図 4】図 4 は、図 1 における部分 E の拡大図である。

【図 5】図 5 は、図 1 乃至図 3 に示した物体搬送装置によって搬送されるべき物体の他の構成を示す図である。

【図 6】図 6 は、図 1 乃至図 3 に示した物体搬送装置の動作説明図である。

【図 7】図 7 は、本発明の第 2 実施例としての物体搬送装置の要部の正面図である。

【図 8】図 8 は、本発明の第 3 実施例としての物体搬送装置の要部の正面図である。

【図 9】図 9 は、本発明の第 4 実施例としての物体搬送装置の要部の正面図である。

【図 10】図 10 は、本発明の第 5 実施例としての物体搬送装置の、一部断面を含む正面図である。

【図 11】図 11 は、本発明の第 6 実施例としての物体搬送装置の要部の正面図である。

【図 12】図 12 は、本発明の第 7 実施例としての物体搬送装置の要部の正面図である。

【図 13】図 13 は、図 12 における部分 G の拡大図である。

【図 14】図 14 は、図 1 乃至図 13 に示した各実施例の物体搬送装置に関し、その一部の変形例を示す側面図である。

【図 15】図 15 は、物体搬送装置を複数台並べた状態を示す、一部断面を含む正面図である。

【図 16】図 16 は、本発明に係る物体浮揚装置の要部と該装置に関する測定を行う測定装置の概略を示す正面図である。

【図 17】図 17 は、図 16 に示した測定装置による測定に供される供試体の斜視図である。

【図 18】図 18 は、図 16 に示した測定装置による測定に供される供試体の斜視図である。

【図 19】図 19 は、図 16 に示した測定装置による測定に供される供試体の斜視図である。

【図 20】図 20 は、図 16 に示した測定装置による測定に供される供試体の斜視図である。

【図 21】図 21 は、図 16 に示した測定装置による測定に供される供試体の斜視図である。

【図 22】図 22 は、図 16 に示した測定装置による測定に供される供試体の斜視図である。

【図 23】図 23 は、図 16 に示した測定装置による測定に供される供試体の斜視図である。

【図 24】図 24 は、図 16 に示した測定装置により得られた測定結果を示すグラフである。

【図 25】図 25 は、図 16 に示した測定装置により得られた測定結果を示すグラフである。

【図 26】図 26 は、図 1 乃至図 13 に示した各実施例の物体搬送装置により搬送されるべきシリコンウェハーと、該シリコンウェハーを搭載するキャリアの斜視図である。

【図 27】図 27 は、従来の物体浮揚装置の概略を示す正面図である。

【符号の説明】

振動体

2	ホーン
4	振動子
5	発振器
6	ケース
7	物体
8	音波反射部材
10	仮想水平面
20	超音波放射器
25	反射部材
30	超音波励振手段

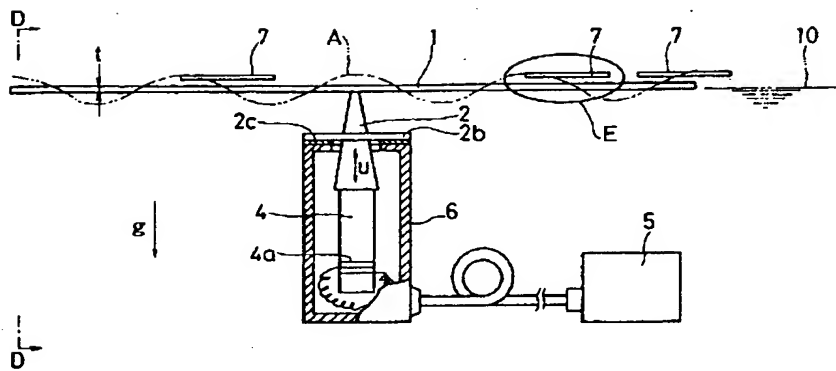
10

31	エネルギー変換手段
35	逸脱防止部材
37	レーザ変位計
38	オシロスコープ
39	変位計本体
41, 42, 43, 44,	供試体
45, 46, 47	シリコンウェハー
50	キャリア
51	

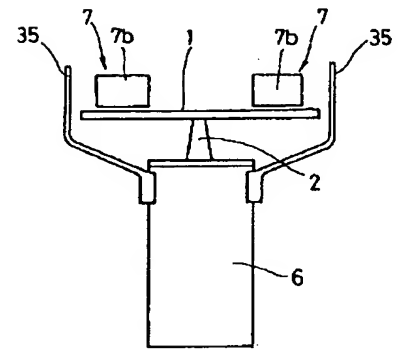
16

エネルギー変換手段
逸脱防止部材
レーザ変位計
オシロスコープ
変位計本体
供試体
シリコンウェハー
キャリア

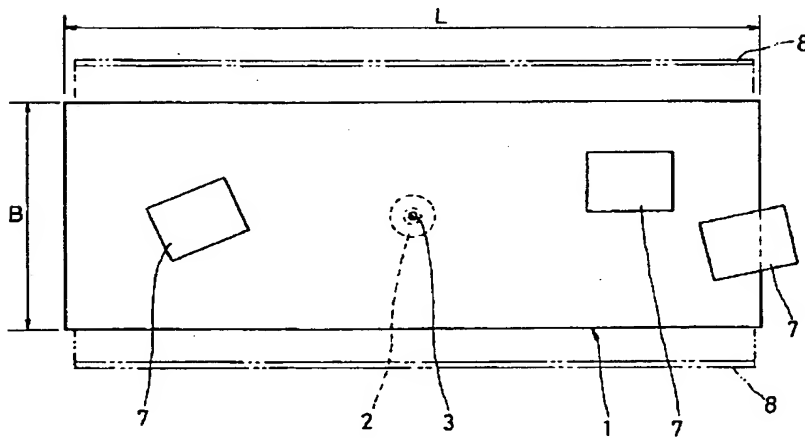
【図1】



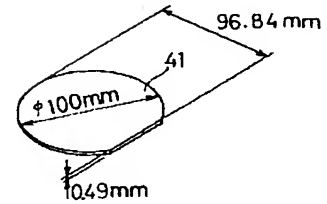
【図14】



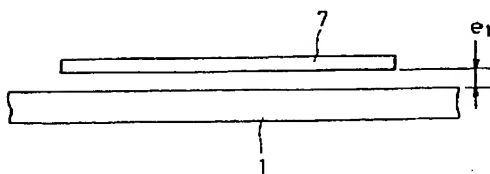
【図2】



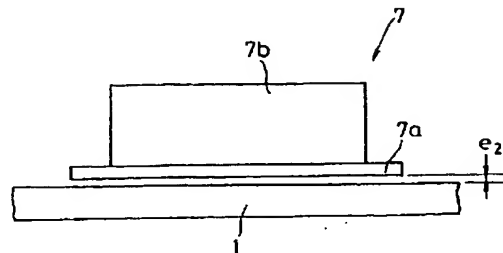
【図17】



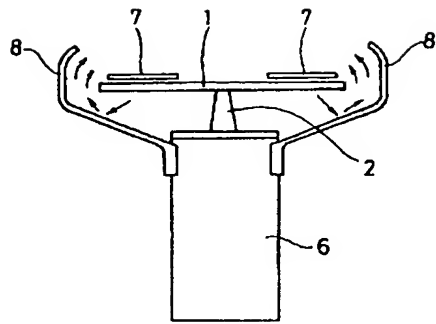
【図4】



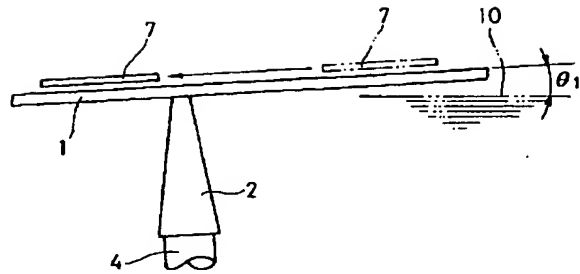
【図5】



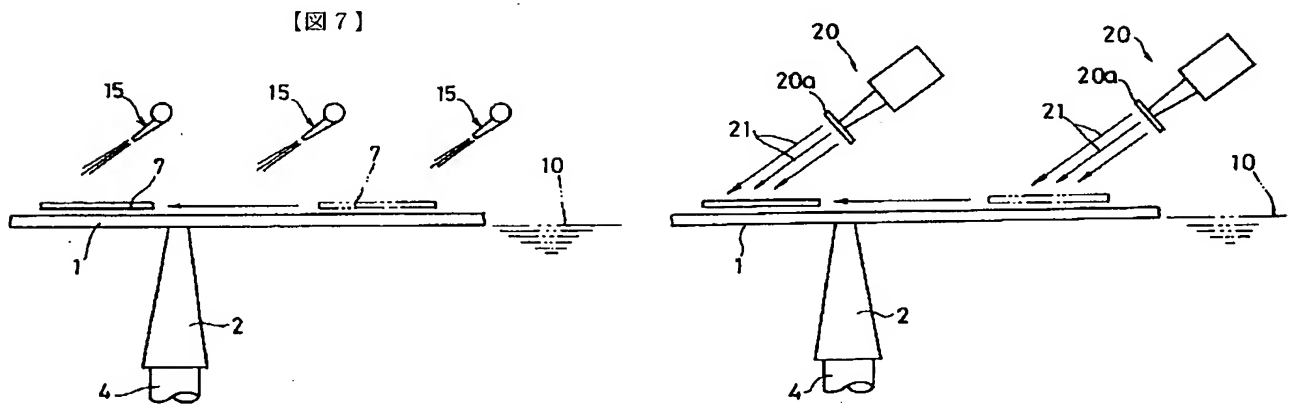
【図 3】



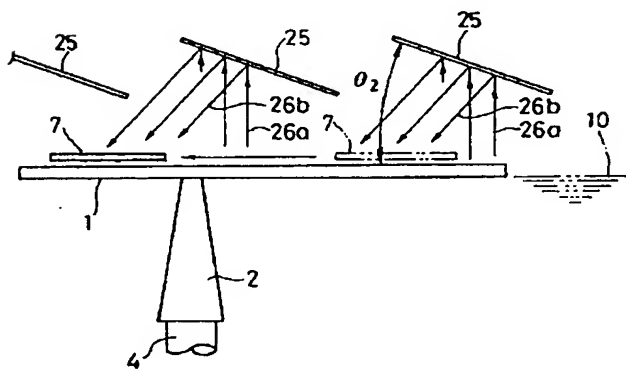
【図 6】



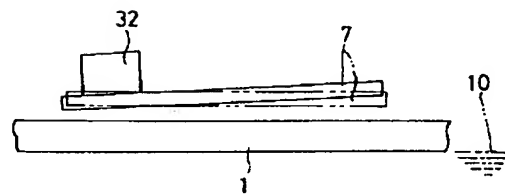
【図 8】



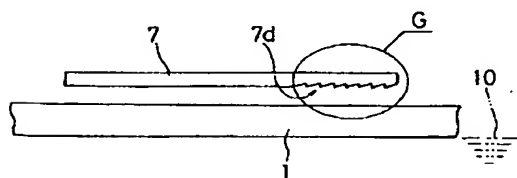
【図 9】



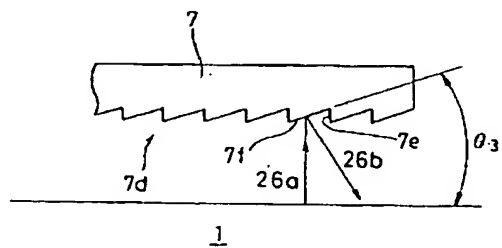
【図 11】



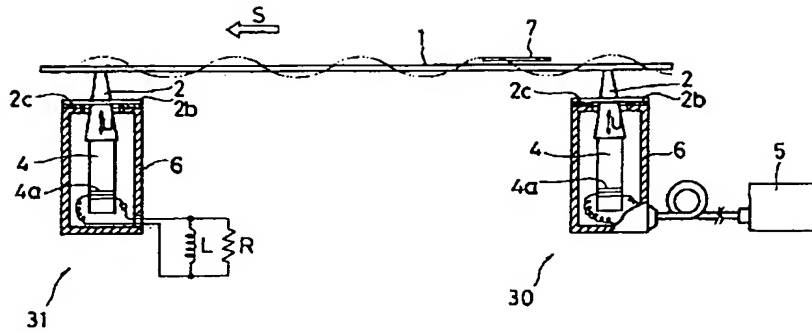
【図 12】



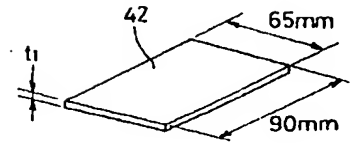
【図 13】



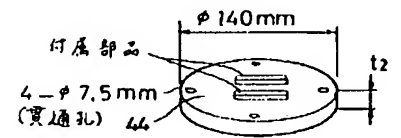
【図10】



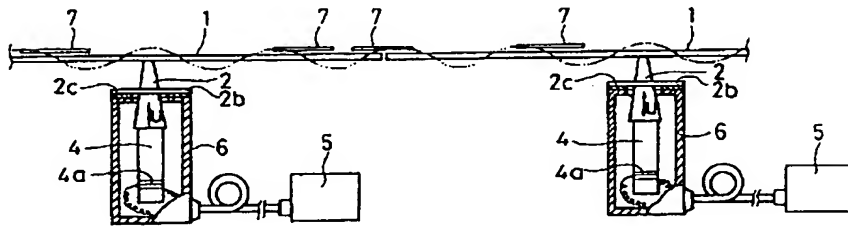
【図18】



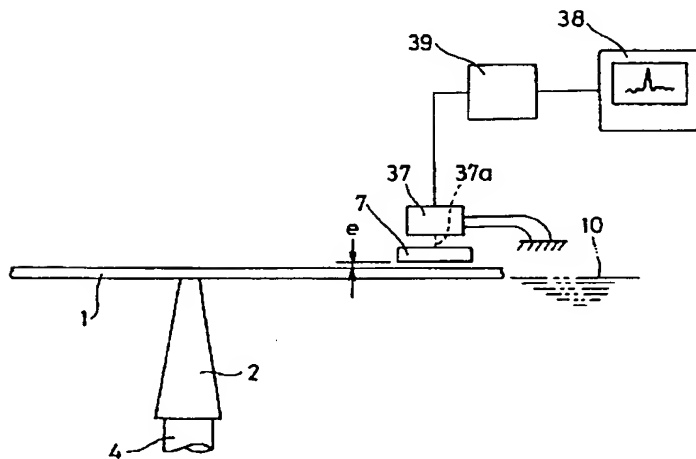
【図20】



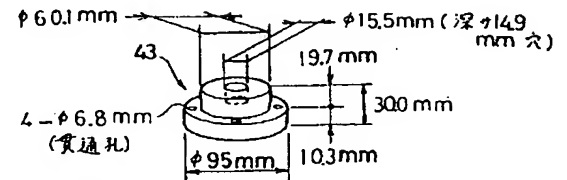
【図15】



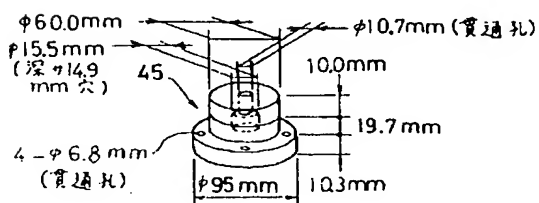
【図16】



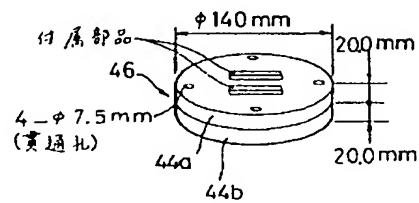
【図19】



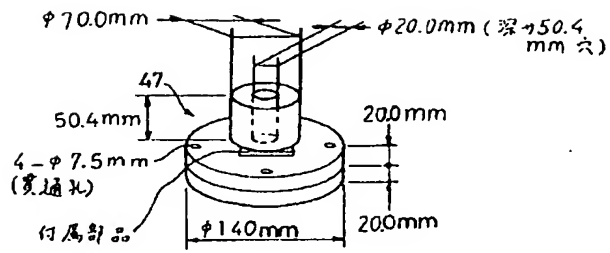
【図21】



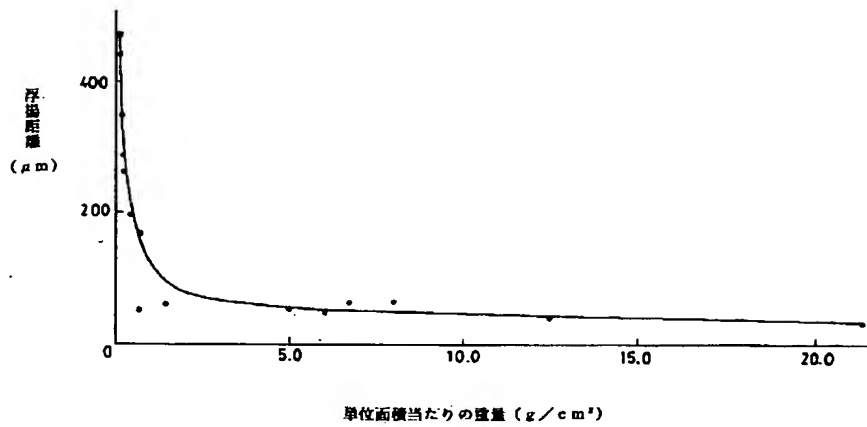
【図22】



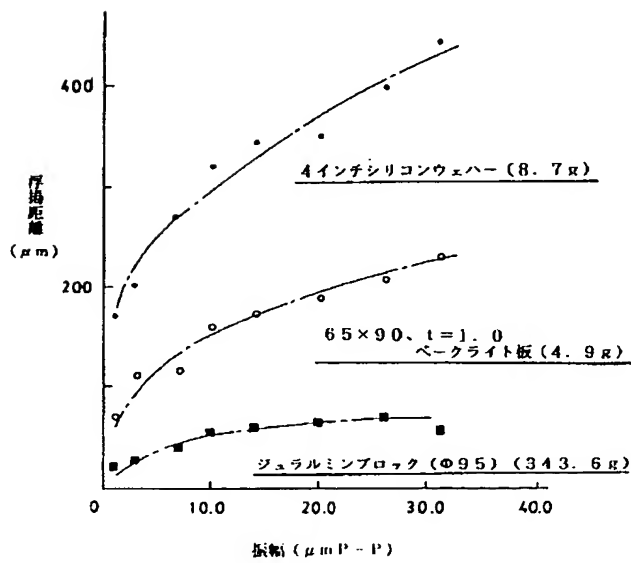
【図23】



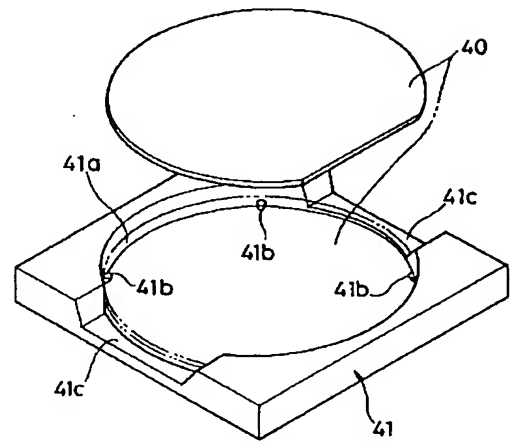
【図24】



【図25】



【図26】



【図27】

